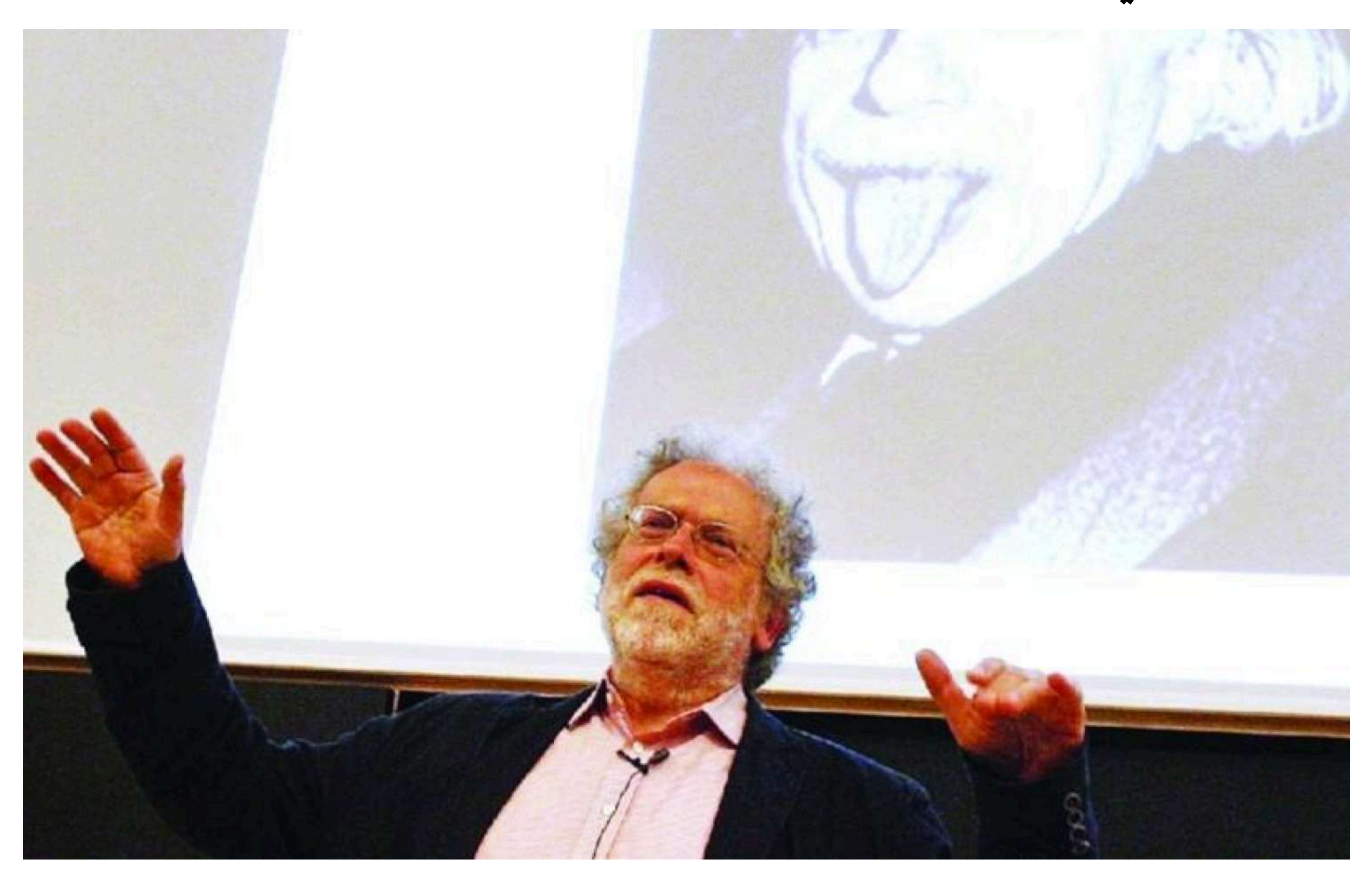
علوم

# التشابك الكمي... العلم «المخيف» الذي حصل على نوبل الفيزياء



أنطون زيلينغر الحائز جائزة نوبل أمام صورة شهيرة لألبرت آينشتاين وهو يخرج لسانه

القاهرة: حازم بدر

نُشر: 23:40-30 أكتوبر 2022 م ـ 05 ربيع الثاني 1444 هـ

تخيل أن صديقك ذهب في مهمة فضائية إلى كوكب زحل، وعلمت وأنت على كوكب الأرض، أن هناك هجوماً سيتعرض له زحل بعد ساعة، وتريد أن ترسل رسالة تحذيرية، كي يتحرك من الكوكب في أسرع وقت.

يخبرك عالم الفيزياء الراحل ألبرت آينشتاين، أنه لا توجد وسيلة أسرع من سرعة الضوء يمكنك استخدامها لتحمل رسالتك التحذيرية، وإذا علمنا أن سرعة الضوء تبلغ 300 ألف كيلومتر في الثانية تقريبا، بينما يبعد كوكب زحل عن الأرض مسافة «مليار و170 مليون كيلومتر»، فهذا يعني أن رسالتك التحذيرية ستصل بعد 77 دقيقة، بعد أن يكون صديقك واجه الخطر.

لكن العلماء الحاصلين على جائزة نوبل في الفيزياء هذا العام، يحملون الأمل في وصول رسالتك في نفس وقت إصدارها، إذ أثبتوا أن هناك وسيلة أسرع من الضوء يمكن استخدامها، وهي «التشابك الكمي» أو ما يطلق عليه البعض «العلم المخيف» أو «العلم الشبح»، حيث وجدوا أن هناك إمكانية لحدوث تواصل بين جسيمين، يتصرفان كوحدة واحدة، حتى عندما يكونان متباعدين.

ولتفسير هذه الظاهرة، يستخدم الدكتور طارق إبراهيم، أستاذ الفيزياء بمدينة زويل للعلوم والتكنولوجيا، والمدير الأكاديمي للمدينة، مثال الفوتون، وهو «وحدة واحدة من الضوء». يقول لـ«الشرق الأوسط»: «إذا تم إنتاج فوتونين من مصدر واحد يسيران في اتجاهين متضادين، فإذا قمت بإجراء قياس على واحد منهما، فإنه يؤثر على الفور على الآخر، بغض النظر عن المسافة التي تفصل بينهما، وهذا ليس من المفترض أن يحدث وفق النظرية النسبية لآينشتاين، لأنه لا شيء يمكن أن يسافر أسرع من سرعة الضوء».

ويوضح «هذه الفوتونات المنفصلة تكون مرتبطة ارتباطاً وثيقاً ببعضها البعض، وتكون نظاماً واحداً، فعندما ترصد الفوتون الأول لتقيس اتجاه استقطابه، فهناك احتمالان إما أن يكون (لأعلى أو لأسفل)، فإذا كان في الأعلى، فسيكون قياس استقطاب الآخر للأسفل فوراً، ولو لم نقم بقياس الأول فإن نتيجة الثاني تكون باحتمالين متساويين للأعلى وللأسفل، إذن نتيجة قياس الثاني تعتمد إذا كنا قسنا الأول أم لا».

ويضيف إبراهيم «في حالات أكثر تعقيدا، إذا كان القياس لاستقطاب الفوتون الثاني، استقطاباً دائرياً مع عقارب الساعة أو ضدها، فلو قاس الراصد الأول الاستقطاب الدائري مع عقارب الساعة، فإن الراصد الآخر سيجد أن نتيجة قياسه ضد عقارب الساعة، أما إذا قرر الراصد الأول قياس استقطاب للأعلى فإن الراصد الثاني سيجد أن نتيجة القياس تكون خمسين في المائة مع عقارب الساعة وخمسين في المائة عكسها، وهنا تكون نتيجة القياس معتمدة على قرار الراصد الآخر ماذا يقيس».

وكانت حقيقة أن هذا التواصل يحدث على الفور، هو ما أزعج آينشتاين، الذي قال في عام 1935 عن التشابك الكمي إنه «عمل مخيف عن بعد»، وكان يعتقد أن هناك «متغيرات خفية» يجب أن تكون بطريقة ما وراء ما كان يحدث.

يقول إبراهيم: «ظل السؤال المطروح لفترة طويلة عن احتواء الجسيمات على متغيرات خفية، إلى أن طّور الفيزيائي جون ستيوارت بيل عام 1964 نظرية سميت باسمه، تنص على أنه في حالة وجود متغيرات خفية، فإن الارتباط بين نتائج عدد كبير من القياسات لن يتجاوز أبدا قيمة معينة، وهو ما يتضارب مع ما تتنبأ به ميكانيكا الكم». وبعد عقدين من الزمان، كان الفيزيائي الفرنسي آلان أسبكت، أحد الحائزين على جائزة نوبل، وفريقه من بين الأوائل الذين تمكنوا من اختبار نظرية بيل في المختبر، وهدموا تلك النظرية ورسخوا أقدام ميكانيكا الكم علمياً، ليقوم الفائزان الآخران بجائزة نوبل في الفيزياء، النمساوي أنطون زيلينغر والأميركي جون كلاوزر، باختبار نظرية بيل، واستبعدا كل الثغرات وساعدا في تمهيد الطريق لما أطلق عليه «الثورة الكمومية الثانية».

وأظهرت الاكتشافات التي قام بها زيلينغر، الملقب بـ«البابا الكمومي»، إمكانية استخدام التشابك الكمي في التشفير والنقل الآني الكمي وغير ذلك.

يقول بدوي أنيس، الأستاذ المساعد في قسم الطيف بمعهد البحوث الفيزيقية بالمركز القومي للبحوث بمصر لـ«الشرق الأوسط»: «سيفتح التشابك الكمي بهذه الكيفية الباب أمام إنتاج كومبيوترات فائقة السرعة، من خلال تقليل الوقت اللازم لمعالجة المعلومات، كما يسمح النقل الآني لأجهزة الكومبيوتر الكومية بخفض استهلاك الطاقة».

ويمكن للتشابك الكمي أن يوفر مفتاح تشفير غير قابل للكسر بين المرسل والمستقبل بتوفير نظامين متشابكين مرتبطين ببعضهما بعضاً، وهو ما قد يكون له تطبيقات عسكرية. ويبقى اللغز الذي حيّر آينشتاين منذ ما يقرب من قرن: لماذا يحدث هذا التشابك الكمي؟

يقول أنيس: «لأن آينشتاين كان مؤمنا بـ(الواقعية)، فكان تفسيره لما يحدث هو أن هناك (إعدادات مسبقة) مسؤولة عن هذا التواصل الشبحي، بمعنى أنه لو لدينا صندوقان، أحدهما به القفاز الأيمن، فالأقرب هو أن يكون الصندوق الآخر به (قفاز أيسر)».

لكن نظرية (الإعدادات المسبقة) هدمتها أبحاث علماء نوبل، ليصبح هناك في النهاية إيمان راسخ بالتشابك الكمي، ومعادلات رياضية تؤكده، دون أن يكون لدينا صورة متخيلة لما يحدث ويؤدي إلى هذا الاتصال بين الجسيمات، الذي سماه آينشاتين متهمكاً بـ«الاتصال الشبحي». يقول إبراهيم «الجملة التي يمكن أن نلخص بها التشابك الكمي أن العالم الصغير بقوانينه الكمية لا يوجد له نظير في عالمنا الكبير، فعالم الكم ليس كمثله شيء».

---

مواضيع SCIENCE

---